

Spécialité

INFORMATIQUE

Année 2021-2022

TABLE DE MATIÈRES

1.	Le personnel du département INFO	4
A.	<i>Les enseignants-chercheurs</i>	4
B.	<i>Le personnel technique et administratif</i>	4
C.	<i>Principales responsabilités au département INFO</i>	5
2.	Présentation générale de la formation Informatique	6
A.	<i>Objectifs de la formation</i>	6
B.	<i>Intégration de la formation INFO</i>	6
C.	<i>Quatre options au département INFO</i>	7
3.	Formation INFO	8
A.	<i>Vue globale</i>	8
B.	<i>Année par année</i>	9
C.	<i>Diversification possible</i>	10
D.	<i>Les programmes détaillés</i>	10
4.	Le programme des études en 3 ^e année	11
A.	<i>Les modules enseignés au 1^{er} semestre de la 3^e année (S5)</i>	11
B.	<i>Les modules enseignés au 2^d semestre de la 3^e année (S6)</i>	15
5.	Le programme des études en 4 ^e année	19
A.	<i>Les modules enseignés au 1^{er} semestre de la 4^e année (S7)</i>	19
B.	<i>Les modules du 2^d semestre de la 4^e année (S8)</i>	24
6.	Le programme des études en 5 ^e année	28
A.	<i>Les modules enseignés au 1^{er} semestre de la 5^e année (S9)</i>	28
B.	<i>Projet de fin d'études (PFE) – 2^d semestre de la 5^e année (S10)</i>	32
7.	La mobilité internationale dans la formation INFO	34
8.	Les stages dans la formation INFO	33
A.	<i>Le stage de fin de troisième année et/ou fin de quatrième année</i>	33
B.	<i>Le projet de fin d'études</i>	33
9.	Relations industrielles dans la formation INFO	36
10.	Relation avec le laboratoire de recherche IRISA	37

1. Le personnel du département INFO

A. Les enseignants-chercheurs

- Les professeurs des universités

Éric ANQUETIL

Bruno ARNALDI

Gildas AVOINE

Mireille DUCASSÉ

Maud MARCHAL

Jean Louis PAZAT

Pascale SÉBILLOT

- Les maîtres de conférences

Marie BABEL

Marin BERTIER

Arnaud BLOUIN

Peggy CELLIER

Alexandru COSTAN

Bertrand COÛASNON

Pascal GARCIA

Valérie GOURANTON

Barbara FILA

Ivan LEPLUMEY

Nikolaos PARLAVANTZAS

Danièle QUICHAUD

Christian RAYMOND

Yann RICQUEBOURG

Laurence ROZÉ

B. Le personnel technique et administratif

Damien ROUSSEL

Infrastructure informatique
et aide aux utilisateurs

Nathalie JACQUINOT

Assistante du département

Marie Françoise PICHOT

Assistante du laboratoire de recherche

C. Principales responsabilités au département INFO

Directeur du département

Jean-Louis PAZAT

02 23 23 86 74

jean-louis.pazat@insa-rennes.fr

Assistante du département INFO

Nathalie JACQUINOT

02 23 23 82 51

nathalie.jacquinot@insa-rennes.fr

Responsable de la 3^e année INFO

Marie BABEL

02 23 23 86 37

marie.babel@insa-rennes.fr

Responsable des stages

Alexandru COSTAN

02 23 23 82 58

alexandru.costan@insa-rennes.fr

Responsable de la 4^e année INFO

Marin BERTIER

02 23 23 86 79

marin.bertier@insa-rennes.fr

Chargé de la communication

Bertrand COÛASNON

02 23 23 86 75

bertrand.couasnon@insa-rennes.fr

Responsable de la 5^e année INFO

Peggy CELLIER

02 23 23 87 72

peggy.cellier@insa-rennes.fr

Responsable des relations entreprises

Arnaud Blouin

02 23 23 83 90

arnaud.blouin@insa-rennes.fr

Correspondantes relations internationales

Barbara FILA

02 23 23 89 44

bfila@insa-rennes.fr

Valérie GOURANTON

02 23 23 84 03

valerie.gouranton@insa-rennes.fr

Responsable du Master Science Informatique (SIF)

Bertrand COÛASNON

02 23 23 86 75

bertrand.couasnon@insa-rennes.fr

Responsable du master Science Innovation & Entrepreneurship

Éric ANQUETIL

02 23 23 86 77

eric.anquetil@insa-rennes.fr

2. Présentation générale de la formation Informatique

A. Objectifs de la formation

Le département Informatique (INFO) forme des **ingénieurs de haut niveau, généralistes en informatique**. La formation s'articule autour d'un socle commun, axé sur la **conception et la réalisation de logiciels**, et d'**options** permettant aux étudiants de choisir un sous domaine de l'informatique dans lequel ils souhaitent acquérir des compétences complémentaires. L'objectif est de pouvoir préparer efficacement nos étudiants à leur futur métier d'ingénieur, en sachant qu'ils seront amenés à exercer leur profession dans des **secteurs d'activité très divers**.

Formé aux technologies les plus récentes, l'ingénieur informatique est un **ingénieur généraliste du Secteur des Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)**. Il maîtrise non seulement les aspects génie logiciel, réseaux, système, architecture, mais aussi les systèmes d'information, le traitement des données, l'aide à la décision... L'ingénieur INFO peut intervenir dans la recherche et le développement, la spécification, la conception, la simulation, la mise en œuvre, le test et l'intégration de logiciels. Sa culture scientifique et ses qualités de créativité et de réactivité lui permettent de s'adapter rapidement aux situations nouvelles et aux concepts innovants.

B. Intégration de la formation INFO

La formation d'ingénieur INFO est proposée aux étudiants issus du 1^{er} cycle de l'INSA mais est aussi accessible aux étudiants provenant d'établissements extérieurs :

- titulaires d'un Bac + 2 (DUT, Licence 2, classes préparatoires aux grandes écoles) et Bac + 3 (Licence 3) pour l'entrée en 3^e année ;
- titulaires d'un Bac + 4 (Master 1 ou niveau équivalent) pour l'entrée en 4^e année.

Les enseignements de la formation INFO sont organisés en 3 ans (semestres 5-10), venant s'ajouter aux deux années du 1^{er} cycle préparatoire proposé à l'INSA (semestres 1-4). Chaque promotion compte environ 70 étudiants. La formation est assurée par des enseignants-chercheurs de l'établissement et par de nombreux intervenants extérieurs : universitaires, chercheurs, industriels, consultants.

C. Quatre options au département INFO

Chaque étudiant du département INFO choisit une option de spécialisation. Une option correspond à 8 modules permettant d'approfondir un domaine et de diversifier la formation.

Cloud

Consacrée à la maîtrise des systèmes distribués à grande échelle, cette option aborde les défis ayant un impact social élevé dans le contexte de l'utilisation généralisée de l'Internet, et de la prolifération des infrastructures distribuées et du calcul parallèle dans de nombreux aspects de notre vie. Les thématiques abordées sont les algorithmes distribués, le *cloud computing*, le calcul parallèle et l'utilisation des architectures multicœurs.

Data Science

Destiné à donner aux élèves des compétences pour des domaines d'application variés tels que le décisionnel, les métiers de la finance, l'exploitation des réseaux sociaux, ce parcours s'intéresse aux défis des *Big Data*. L'option fournit les connaissances théoriques et pratiques pour traiter et exploiter des données volumineuses, c'est-à-dire les stocker, les modéliser, accéder à leur contenu sémantique, les interpréter et créer de la valeur à des fins de prédiction ou de simulation. Les thématiques abordées sont les bases de données avancées, la modélisation, les réseaux sociaux, la fouille de données, le traitement de données non structurées, les grands graphes et les statistiques.

Media & Interactions

L'option *Media & Interactions* vise à donner aux étudiants les compétences pour analyser et modéliser les médias tels que l'image, la vidéo, le texte ou la parole. L'objectif de l'option est de fournir aux futurs ingénieurs les compétences et les connaissances algorithmiques indispensables à la conception de nouveaux outils d'interaction adaptés aux besoins des utilisateurs. Les thématiques abordées sont l'informatique graphique, la réalité virtuelle, l'analyse du mouvement et la reconnaissance de gestes 2D/3D, l'analyse d'images/vidéos et le traitement (analyse et génération) du langage écrit et oral.

Security

L'objectif de l'option sécurité est de former des ingénieurs en informatique spécialisés en sécurité, qui pourront faire valoir leurs compétences en tant qu'architectes ou administrateurs de systèmes, développeurs, consultants, chercheurs, responsables de la sécurité ou chargés de missions opérationnelles dans un ministère. Après avoir suivi cette option, les étudiants seront en mesure d'aborder la sécurité d'une application dans son intégralité, à savoir réaliser une analyse de risque, étudier la qualité du code, des algorithmes, communiquer avec une carte à puce, etc. Afin d'assurer la diversité didactique, les enseignements sont assurés par des académiques, des industriels et des formateurs issus du ministère des Armées.

3. Formation INFO

A. Vue globale

	3 ^e année	4 ^e année	5 ^e année	
Ingénierie du logiciel	Génie logiciel Propositions et prédicats Algorithmique Langage C	Programmation web Programmation logique Programmation fonctionnelle	Programmation et <i>design</i> orientés objet Projet développement logiciel Compilation	Test logiciel Compétition algorithmique Ingénierie dirigée par les modèles
Intelligence artificielle et données	Apprentissage Bases de données Graphes	Fouille de données Complexité	Programmation par contraintes Modèles stochastiques Grammaires et langages	Bases de données avancées et web sémantique
Systèmes et réseaux	Réseaux De la logique à la programmation	Systèmes Hygiène informatique	Systèmes d'exploitation	
Projets	Étude pratique	Projet (1 an, 3-8 personnes) Gestion projet Conférences	Du savoir faire au faire savoir Conception centrée utilisateur Hyblab	
Option Data Science	Traitement automatique du langage écrit et oral Statistiques descriptives	Programmation parallèle et distribuée Traitement des images et des vidéos <i>Cloud</i> Traitement automatique des langues et interactions langagières	Algorithmique <i>Big Data</i> Stockage et traitement des données	
Option Media & Interactions	Traitement automatique du langage écrit et oral Statistiques descriptives	Informatique graphique Traitement des images et des vidéos Traitement automatique des langues et interactions langagières Reconnaissance et interprétation des images et des vidéos	Analyse du mouvement et reconnaissance des gestes Réalité virtuelle	
Option Security	Ingénierie de la sécurité Calculs hautes performances	Ingénierie de la cryptographie Sécurité des réseaux Programmation sécurisée <i>Cloud</i>	Vérification de protocoles Attaques par canaux auxiliaires	
Option Cloud	Calculs hautes performances Ingénierie de la sécurité	Programmation parallèle et distribuée Performances <i>Cloud</i> Programmation sécurisée	Algorithmique distribuée Stockage et traitement des données	
Modules d'ouverture	Programmation mobile Internet des objets	Spécification formelle Optimisation numérique	Robotique Intelligence artificielle et jeux	
	Anglais, EPS, LV2, communication, éthique, gestion, droit du travail et du numérique, stage <i>dating</i> ...			
		Stage Industriel I (optionnel)	Stage Industriel II (obligatoire)	Master Science Informatique (SIF)
				MSc Innovation & Entrepreneurship
				Stage industriel III - Projet de Fin d'Études (PFE)

Organisation globale de la spécialité INFO

B. Année par année

En 3^e année, les étudiants reçoivent une solide formation concernant les bases de l'informatique en modélisation, en programmation, en structures de données et en architecture et réseaux. En complément, des projets se construisent tout au long de l'année et ont pour but de mettre en œuvre des compétences techniques et de favoriser le travail en équipe.

À la formation INFO viennent s'ajouter, aux semestres 5 et 6, les modules suivants, communs à tous les départements de l'INSA, appelés modules de tronc commun :

- semestre 5 : mathématiques (analyse, probabilités, statistiques), langage C, logique combinatoire et séquentielle, gestion du risque ;
- semestre 6 : introduction au management opérationnel, Projet Personnel Individualisé.

La 4^e année est au cœur de la formation au métier de l'ingénieur en Informatique. Elle s'articule autour d'enseignements fondamentaux tels que la conception, la modélisation et la programmation objet, la compilation, les grammaires et langages, les mathématiques liées à l'informatique, les réseaux, le système.

En parallèle de ces enseignements traditionnels (cours, TD, TP), la 4^e année est rythmée par la réalisation d'un **projet logiciel d'un an**, effectué par groupe de 5 à 7 étudiants. Le but de ce projet est d'initier les étudiants à un travail de groupe sur une réalisation logicielle de taille importante (1500h/projet). Le projet met notamment en application un certain nombre de méthodes de génie logiciel et de gestion de projet : initiation au travail de groupe ; utilisation de méthodes et outils de génie logiciel ; gestion du temps, planification, communication ; découpage du travail en phases d'analyse, de spécification, de réalisation et de validation ; lecture de documents techniques ; écriture de rapports techniques ; acquisition des techniques d'exposé, etc.

Par ailleurs, la formation est complétée par des enseignements de connaissance de l'entreprise, à travers notamment l'organisation de rencontres et de conférences industrielles. La pratique de la langue anglaise se concrétise par le passage d'un test international (TOEIC).

La 5^e année a un triple objectif : le renforcement des acquis, en particulier sur les thématiques du génie logiciel avec « Test logiciel » et « Ingénierie dirigée par les modèles », ainsi qu'en traitement des données avec « Bases de données avancées et web sémantique ». Une attention particulière est portée à la transmission des connaissances et à l'échange par des enseignements tels que « Conception centrée utilisateur » ou « Savoir-faire et faire savoir ».

Quatre modules à choix (6 modules disponibles) permettent de mélanger les promotions de 3^e, 4^e et 5^e années, sur des thèmes tels que la programmation mobile, l'intelligence artificielle, la robotique, etc.

C. Diversification possible

Master Science Informatique (SIF)

Il est possible de suivre en parallèle de la 5^e année le master SIF co-habilité par les principaux établissements d'enseignement supérieur en informatique de Rennes : l'Université de Rennes 1, l'ENS Rennes, l'INSA Rennes et Centrale-Supélec, ainsi que par l'Université de Bretagne Sud. Cette co-habilitation d'universités et d'écoles, qui s'appuie sur des laboratoires de renom, permet de proposer aux étudiants une **formation de pointe à la recherche dans différents domaines de l'informatique**. Ce master a pour objectif de donner à chaque étudiant une vision avancée d'un domaine de recherche, focalisé mais suffisamment étendu pour des poursuites en doctorat sur des sujets divers. Il offre à chaque étudiant la possibilité de construire un parcours individualisé grâce à un choix cohérent de modules. Les différents modules proposés abordent des sujets actuels de la recherche publique et privée.

Contact : Bertrand Couïasnon <Bertrand.Couasnon@insa-rennes.fr>

Site web : <http://master.irisa.fr>

Master of Science Innovation & Entrepreneurship (MSc IE)

Les étudiants peuvent suivre le master *Science Innovation & Entrepreneurship*, une formation conjointe issue de l'alliance de deux grandes écoles : l'INSA Rennes et le RSB (*Rennes School of Business*). Il forme des élèves ingénieurs au management de l'innovation (ingénierie, technologie, *business*, management, marketing, négociation, finance, *business plan*) en les accompagnant dans leurs projets de création d'entreprises innovantes. Ce MSc, accrédité par l'organisme américain AACSB, se prépare en dernière année du cursus ou en post-formation. Il permet aux étudiants d'obtenir le double diplôme INSA-MSc IE ou ESC-MSc IE.

Contact : Éric Anquetil <Eric.Anquetil@insa-rennes.fr>

Site web : <http://www.insa-rennes.fr/msc-innovation-entrepreneurship.html>

Double diplôme avec une école de commerce

Les étudiants intéressés par le profil ingénieur-manager peuvent préparer un double diplôme avec une école de commerce (*IGR Rennes, Audencia Nantes ou ESC Rennes*).

D. Les programmes détaillés

Les sections suivantes décrivent le programme d'enseignement au département INFO. Pour chaque semestre, un tableau récapitulatif présente les modules enseignés qui sont détaillés par la suite. À chaque module correspond un nombre de crédits ECTS qui représente la charge de travail demandée à un étudiant pour l'obtention du module correspondant. Le travail personnel est inclus dans cette charge de travail. Les matières, appelées EC (élément constitutif), sont regroupées en groupes de matières appelées UE (unité d'enseignement).

4. Le programme des études en 3^e année

A. Les modules enseignés au 1^{er} semestre de la 3^e année (S5)

UE (code UE)	EC	Cours	TD	TP	Projet	Crédits ECTS	
						par EC	par UE
Mathématiques pour l'ingénieur (INF05-1)	Mathématiques – Proba, stat	10	10			1,5	3,5
	Apprentissage automatique	18		8		2	
Architecture logicielle et matérielle (INF05-2)	Concepts de la logique à la programmation	16	14	6		3	6,5
	Langage C	6	4	12		1,5	
	Hygiène informatique	20		6		2	
Paradigmes de programmation (INF05-3)	Programmation logique	12		16		2	6,5
	Des FUS aux langages de scripts	14		24		2,5	
	Programmation fonctionnelle	8		18		2	
Programmation et structures de données (INF05-4)	Étude pratique S5				8	2	6,5
	Conception et programmation orientée objet #1	8	4	8		1,5	
	Structures de données	18		18		3	
Enseignements non scientifiques (ENS05)	Gestion du risque		22			1,5	7
	Anglais		28			2	
	Problématique d'ingénierie		26			2,5	
	Éducation physique et sportive		24			1	

Mathématiques : probabilités, statistiques

Cet enseignement permet de rappeler ou d'aborder des notions telles que les lois usuelles, fonction caractéristique, la convergence en loi, le théorème limite central, des applications statistiques : intervalle de confiance et test de moyenne, vecteurs aléatoires et modèles gaussiens.

Apprentissage automatique

La première partie du cours porte sur des méthodes permettant de résumer, d'explorer et de présenter des données. Elle s'articule autour des méthodes factorielles et de classification.

La seconde partie du cours porte sur l'apprentissage supervisé. Elle propose un panorama des algorithmes de classification ainsi que le protocole à suivre pour construire et évaluer un classifieur. Elle se termine par une introduction à l'apprentissage avec des réseaux neuronaux (*Deep learning*).

Concepts de la logique à la programmation

Ce cours a pour objectif de donner les bases nécessaires à la compréhension du fonctionnement d'un ordinateur. La logique combinatoire et séquentielle joue un rôle fondamental en informatique dans la construction des programmes et dans les architecture des systèmes. Ces concepts sont donc étudiés dans le but d'analyser le comportement des processeurs vis-à-vis de l'implantation matérielle.

Langage C

L'objectif de cet enseignement est d'acquérir les notions-clés de programmation en langage C et notamment sa spécificité en termes de gestion de la mémoire, l'algorithmique des pointeurs et la gestion des entrées/sorties.

Hygiène informatique

Ce cours a pour objectif de présenter les problèmes de sécurité majeurs auxquels tout un chacun est confronté quotidiennement, que ce soit en milieu professionnel ou dans un cadre familial. Parmi les sujets traités, les virus, le spam, les mots de passe, la fuite d'information, la géolocalisation, les certificats numériques, l'anonymisation, etc. Seront également présentées les contre-mesures techniques et les bonnes pratiques pour garder son système informatique en bonne santé.

Programmation logique

Ce cours a pour objectif de présenter et de mettre en pratique les principes fondamentaux de la programmation logique. Les mécanismes de base du langage Prolog sont décrits d'un point de vue logique et opérationnel. Le cours aborde la manipulation de bases de connaissances relationnelles et la programmation récursive. Il traite également de la coupure, de la négation et de l'analyse syntaxique. Les travaux pratiques sont réalisés en langage de programmation ECLiPSe. Ils illustrent chacune des notions-clés vues en cours et proposent des ouvertures.

Des fonctions et utilisation des systèmes aux langages de script

Cet enseignement vise essentiellement à familiariser l'étudiant à l'utilisation des systèmes UNIX/LINUX, et à introduire les notions, commandes et langages associés à ces systèmes comme par exemple les expressions régulières, bash, git, ruby ou python.

Programmation fonctionnelle

L'objectif de cet enseignement est de fournir les méthodes utilisées en programmation fonctionnelle en vue de les appliquer pour développer des applications de taille significative.

Étude pratique S5

Durant les trois années d'études dans le département informatique, les étudiants doivent étudier par eux-mêmes un certain nombre d'aspects techniques. En effet, il est indispensable pour un ingénieur de savoir acquérir des compléments de connaissance de manière autonome, ainsi que d'être capable de s'adapter aux évolutions des différentes technologies.

Conception et programmation orientée objet #1

Ce module introduit les concepts fondamentaux du développement logiciel réalisé à l'aide de langages de programmation orientée objet. Plus précisément, ce module se focalise sur trois points, à savoir les fondements : de la programmation orientée-objet, à l'aide de Java ; de la modélisation orientée-objet, à l'aide d'UML ; du test de code orienté objet, à l'aide de JUnit et Mockito.

Structures de données

Ce module vise à apprendre à modéliser et utiliser les structures de données standards (piles, files, listes, ensembles) et à concevoir des structures de données adaptées à des modèles complexes (arbres, tas, graphes). Il s'appuie sur les notions de modélisation UML (pour concevoir ces structures), de programmation orientée objet (pour les mettre en œuvre) et sur les bases du test logiciel (pour tester les développements réalisés) représentant ainsi un contexte de mise en application de ces autres enseignements, en pratique vers le langage de programmation Java.

Gestion du risque

L'objectif de cet enseignement est de faire prendre conscience aux étudiants que le contexte dans lequel travaille et vit l'ingénieur est composé d'événements liés au hasard. Il est rempli d'incertitudes et de dangers. L'ingénieur doit néanmoins rester maître de ses choix et de ses actes dans des limites définies par le risque acceptable.

Anglais

L'objectif de cet enseignement est de renforcer les acquis de l'anglais de la vie courante (lexique, syntaxe, phonologie), de développer des compétences orales et d'aborder l'acquisition des outils linguistiques nécessaires au travail en entreprise.

Problématique d'ingénierie

L'objectif de ce module est de mener une réflexion rigoureuse et synthétique sur un thème donné, relatif à un sujet lié aux thématiques du département de spécialité ou de culture générale, en lien avec les sciences humaines. Les principaux acquis de formation sont de savoir définir un objet d'étude et d'y associer une problématique pertinente, de savoir trouver de l'information pertinente, en mobilisant notamment les ressources disponibles sur Internet, de savoir produire des supports et des événements de communication de qualité, de savoir gérer un projet collectif, de planifier et de coordonner les actions pour produire les livrables attendus dans les délais impartis.

Éducation physique et sportive

Ce module permet d'aborder le travail en équipe et la connaissance de soi, de mettre en œuvre dans un cadre pratique les aspects de communication et de « managéral » (coacher une équipe).

B. Les modules enseignés au 2^d semestre de la 3^e année (S6)

UE (code UE)	EC	Cours	TD	TP	Projet	Crédits ECTS		
						par EC	par UE	
Ingénierie et réseaux (INF06-1)	Réseaux	10	4	10		1,5	5,5	
	Base de données & programmation web	20	12	14		4		
Informatique théorique et IA (INF06-2)	Graphes et algorithmique	18	18			3	9,5	
	Complexité	8	18			2		
	Propositions et prédicats		20			1.5		
	Fouille de données	22		8		3		
Projets et ouverture (INF06-3)	Étude pratique S6				8	1.5	4	
	Conférences					0,5		
	Intelligence artificielle pour les jeux	12		14		2		
	Programmation mobile	2		24		2		
	Robotique	8		18		2		
Options (INF06-4)	<i>Media & Interactions / Data Science</i>	Traitement automatique du langage écrit et oral	14		12		2	4
		Statistiques descriptives	12	4	10		2	
	<i>Security / Cloud</i>	Calculs hautes performances	14		12		2	
		Vulnérabilités des systèmes informatiques	22	4			2	
Enseignements non scientifiques S6 (ENS06)	Introduction au management opérationnel	10	10	4		1,5	7	
	Anglais		28			2		
	Simulation de gestion		16			1,5		
	Éducation physique et sportive		24			1		
	PPI				6	1		

Réseaux

Ce module présente le fonctionnement des protocoles réseau (Ethernet, IP, UDP, TCP, etc.). Il aborde aussi la programmation réseau en langage C et en Java.

Base de données & programmation web

Cet enseignement a deux objectifs. Le premier vise à sensibiliser les élèves aux problématiques de conception et d'implantation physique de bases de données. Il aborde également la notion de performances d'accès aux données en se penchant sur l'optimisation

de requêtes. Le second vise à apporter les connaissances nécessaires en développement d'applications web en lien avec les bases de données.

Graphes et algorithmique

Les graphes sont un modèle incontournable dans de nombreux domaines et, en particulier, en informatique. Ce cours vise à donner les notions de base en théorie des graphes. Les principaux types de problèmes rencontrés sur les graphes sont abordés, et les algorithmes classiques permettant de les résoudre sont présentés. Cette étude se fait d'abord sur les graphes non valués puis sur les graphes valués.

Complexité

Le cours de complexité s'articule autour de deux objectifs majeurs : savoir évaluer la complexité d'un algorithme, et être capable de proposer un algorithme efficace pour résoudre un problème donné. Pour cela, le cours présente dans un premier temps des outils permettant de maîtriser la résolution exacte ou approchée d'équations de récurrence linéaire ou non linéaire simples dans le but de calculer une complexité en temps. Dans un second temps, différents paradigmes algorithmiques sont introduits afin de sensibiliser les étudiants à la notion de complexité et à son évaluation, essentielle dans le métier d'ingénieur informatique.

Fouille de données

En complément de l'enseignement « Apprentissage automatique » du premier semestre de 3e année qui se focalise sur les méthodes d'apprentissage à base d'attributs numériques, ce cours « Fouille de données » a pour objectif de présenter et de mettre en pratique des méthodes d'apprentissage symboliques supervisées et non supervisées. Le but est à la fois de doter les élèves d'un ensemble de techniques permettant de faire émerger des connaissances à partir de données, mais également de leur fournir des bases de réflexion pour savoir quel type de méthode est applicable selon les propriétés des données et les objectifs visés, et comment évaluer correctement l'apprentissage réalisé.

Propositions et prédicats

Ce module a pour objectif d'acquérir les bases indispensables en logique du premier ordre et d'introduire les systèmes formels pour comprendre et maîtriser la technique de la résolution.

Étude pratique S6

Ce module doit aboutir à une réalisation pratique par un groupe d'étudiants, avec l'objectif de concrétiser le savoir acquis durant le module « Étude pratique S5 » du semestre précédent.

Traitement automatique du langage écrit et oral

Le langage, sous sa forme écrite ou orale, est la modalité la plus commune d'interaction et de transmission d'informations. La quantité toujours croissante de textes, de documents audio

et de vidéos contenant de la parole, que ce soit sur le web ou au sein d'entreprises, rend nécessaire la maîtrise des techniques d'accès au contenu de ces données. L'objectif de l'enseignement est de doter les étudiants des compétences nécessaires pour analyser l'information présente dans ces documents. Il présente d'une part les méthodes permettant de transformer le signal de parole contenu dans des enregistrements audio ou vidéos en texte. Il décrit d'autre part les fondements du traitement automatique du texte écrit (potentiellement issu de la transcription de la parole) permettant d'accéder au contenu des documents. Il s'intéresse enfin à certaines applications phares du traitement automatique des langues.

Statistiques descriptives

L'objectif de cet enseignement est d'effectuer une initiation aux problèmes et principes de l'inférence statistique utilisée dans les modèles linéaires avec la présentation des lois et modèles statistiques élémentaires, l'introduction des éléments de base d'estimation et tests statistiques. Des illustrations à l'aide du logiciel R sont proposées dans ce module.

Calculs hautes performances

Dans ce module sont abordés les modèles de calcul parallèle centralisé et distribué pour réaliser des applications de calcul performantes (modèles *embarrassingly parallel*, *fork/join*, *data-parallel*). Dans ce cours sont abordées les notions de dépendance, de distribution du contrôle et de découpage et distribution des données. La programmation des travaux pratiques se fait en OpenMP et MPI sur une machine de calcul dédiée.

Vulnérabilités des systèmes informatiques

Il s'agit d'un cours sur la sécurité de systèmes, de données et de communication. Pour pouvoir sécuriser un système, il faut d'abord comprendre quels sont ses points faibles (vulnérabilités) et comment elles peuvent être exploitées (attaques). Un panorama des principales vulnérabilités et des attaques sous-jacentes sera présenté. On parlera également des solutions usuelles pour contrer ces dernières. On abordera les problèmes de sécurité du web et du cloud, les injections SQL, l'attaque XSS et la sécurisation de la messagerie à l'aide de PGP. La notion de protocole cryptographique pour assurer la confidentialité et l'authenticité de la communication sera présentée. On finira par s'intéresser aux méthodes habituelles d'analyse de risque, telles que EBIOS et les arbres d'attaque. L'enseignement sera assuré par un enseignant-chercheur de l'INSA et un intervenant industriel.

Modules d'ouverture du semestre S6 (communs au semestre S8)

Intelligence artificielle pour les jeux

Le but de ce cours est d'étudier différents algorithmes issus de l'intelligence artificielle. Un jeu est proposé (Othello, dames, échecs, etc.) ; le but pour les étudiants est de s'inspirer d'algorithmes existants pour programmer un joueur virtuel et, par groupe, de

réaliser 2 ou 3 algorithmes de jeu. Les dernières séances sont consacrées à l'évaluation des différents joueurs implémentés.

Programmation mobile

L'objectif de ce module avant tout pratique est de se familiariser avec la programmation mobile Android, et d'être capable de réaliser des applications adaptables à différents terminaux. Cet enseignement permet de découvrir les concepts de base de la programmation Android, tels que les notions d'activité, de cycle de vie d'une activité, d'intention, de services, de fragments.

Robotique

Ce module a pour objectif de faire découvrir les bases de la robotique informatique à travers l'utilisation d'une plateforme mobile. Il s'agit d'aborder la conception logicielle d'une telle application, tout en se confrontant aux notions mathématiques de base nécessaires à la commande d'un robot. La plateforme robotique choisie permet en outre de faire découvrir les éléments mécatroniques indispensables (odométrie, cartes électroniques de contrôle, moteurs, etc.).

Introduction au management opérationnel

L'entreprise dans son champ d'application doit adopter des méthodes associées à des outils lui permettant de gérer la création de valeur. Ce module est une introduction à la notion de management opérationnel (gestion de production, gestion de qualité, démarche d'amélioration continue). Il doit permettre aux étudiants d'acquérir une vision globale et systémique de l'organisation d'une entreprise.

Simulation de gestion

Le module vise à sensibiliser les étudiants à la complexité et l'interdépendance des décisions stratégiques et opérationnelles d'une entreprise.

Projet professionnel personnalisé

L'objectif de cet enseignement est d'amener l'étudiant à réfléchir sur son projet professionnel en travaillant avec des consultants en ressources humaines et des chefs d'entreprise.

5. Le programme des études en 4^e année

A. Les modules enseignés au 1^{er} semestre de la 4^e année (S7)

UE (code UE)		EC	Cours	TD	TP	Projet	Crédits ECTS	
							par EC	par UE
Génie logiciel (INF07-1)		Conception CPP	16		10		2,5	7,5
		Conception et programmation orientée objet #2	10	20			3	
		Projet conception et programmation orientée objet				16	2	
Systèmes & modèles stochastiques (INF07-2)		Modèles stochastiques		26			2,5	6,5
		Systèmes d'exploitation	16	16	20		4	
Modules d'ouverture & Options (INF07-3)	Modules d'ouverture	Spécification formelle	14	12			2	6
		<i>Internet of Things</i>	12		14		2	
		Optimisation numérique	12	14			2	
	Options	Traitement des images et des vidéos	12		14		2	
		Informatique graphique	12		14		2	
		Sécurité des réseaux	14		12		2	
		Ingénierie de la cryptographie	20		6		2	
		Programmation parallèle et distribuée	14		12		2	
		Évaluation de performance	12		14		2	
Projet (INF07-4)		Gestion de projet	8		3		1	4
		Conférences					0,5	
		Projet logiciel phase 1 : préétude et spécifications				30	2,5	
Humanités		Anglais		28			2	6
		Entreprendre et innover		26			3	
		Éducation physique et sportive		26			1	

Conception CPP

La programmation orientée objet constitue un outil puissant pour faire face au développement d'applications informatiques d'envergures. Elle permet d'implémenter de manière stable des projets de taille conséquente en assurant une très bonne évolutivité du code.

Ce cours a pour objectif d'acquérir et de consolider l'ensemble des concepts de la programmation orientée objet en les illustrant à travers une étude approfondie du langage C++. Le langage C++ est un langage de programmation exigeant qui est un bon support pour assoir solidement les concepts de la programmation objet et pourvoir ainsi ensuite facilement assimiler d'autres langages objets.

Conception et programmation orientée objet #2

La fabrication de logiciels nécessite de réfléchir en amont aux problèmes à résoudre afin de limiter les erreurs de développement et donc les coûts. Un certain nombre de problèmes de développement orienté-objet sont bien connus et des solutions génériques existent afin d'accélérer le développement, de limiter les erreurs et de faciliter la communication entre les ingénieurs logiciels. Il s'agit des patrons de conception. Dans ce cours, nous étudions avec un esprit critique et moderne les patrons de conception les plus utiles. Des démonstrations dans différents langages de programmation objet sont réalisées (Java, Scala, etc.) afin d'étudier comment s'implémente, naturellement ou non, ces patrons en fonction du langage cible. Nous profiterons de cette étude pour introduire différentes notions avancées de programmation orienté-objet (classe vs prototype, systèmes de type, trait, expression lambda orienté-objet, etc.). Le cours utilisera des notions de base en modélisation orienté-objet avec UML.

Projet : conception, modélisation et programmation orientée objet

Les notions de cours abordées en programmation, modélisation et conception orientée objet sont mises en application à travers un projet. Ce projet vise à sensibiliser les étudiants à la réalisation d'un développement logiciel recouvrant les aspects : modélisation, maquettage, développement *front-end web*, développement *back-end*, API REST, test logiciel. Il est mené en binômes et représente environ une centaine d'heures de développement.

Modèles stochastiques

Ce cours vise à étudier une classe particulière de modèles dont l'évolution n'est pas déterministe : les chaînes de Markov. Ces modèles se différencient des autres par le fait que leur évolution ne dépend que de l'instant présent et non du passé. Ils sont, à titre d'application, utilisés pour modéliser certains phénomènes d'attente et notamment ceux qui interviennent dans les systèmes informatiques. Les exemples et les applications sont principalement issus de ce domaine.

Systèmes d'exploitation

Le cours vise à donner une vision des différentes fonctions des systèmes d'exploitation, en privilégiant le point de vue utilisateur, mais en montrant aussi l'impact de l'architecture et de la conception sur leur utilisation. Une attention particulière est portée sur l'ordonnancement, les outils de communication et de synchronisation entre les processus. L'objectif est de former les étudiants à l'optimisation des ressources manipulées par les systèmes d'exploitation ainsi qu'à la programmation multiprocessus et *multithreads*.

Traitements des images et des vidéos

La réalisation d'une chaîne complète de reconnaissance et l'analyse des caractéristiques visuelles dans des images et des vidéos sont les deux objectifs principaux de ce module. Les thématiques abordées sont la représentation des images et des vidéos, le traitement des images, l'extraction de points d'intérêts, la mise en correspondance, la construction de panoramas, le suivi de caractéristiques ou d'objets dans des vidéos, la localisation de symboles dans un document et la représentation de l'information sur des objets. Un projet de localisation et de caractérisation de symboles manuscrits dans un formulaire clôt ce module.

Informatique graphique

L'objectif du module d'informatique graphique est de donner aux étudiants les fondements de la réalisation de scènes graphiques interactives. Le module fournit ainsi les outils et les connaissances de base afin de modéliser, animer et interagir avec des mondes virtuels. Les thématiques abordées sont notamment : la modélisation géométrique de scènes graphiques 2D et 3D, le rendu graphique de ces scènes, l'animation des objets 3D et enfin l'interaction 3D d'utilisateurs avec les mondes virtuels.

Sécurité des réseaux

Le cours de sécurité des réseaux a pour objectif de former les étudiants à la protection et à la défense des réseaux informatiques. Pour cela, les étudiants apprennent à attaquer et à concevoir une architecture réseau. Les sujets abordés incluent les attaques aux différentes couches de la communication, les pare-feux, les protocoles HTTPS, IPSec, SSL. La pratique occupe une part importante dans ce cours, qui est organisé en collaboration avec l'École des Transmissions de Cesson-Sévigné (ETRS).

Ingénierie de la cryptographie

Ce cours fournit les fondamentaux de l'ingénierie de la cryptographie pour concevoir une solution IT (*Information Technology*) qui soit sécurisée. Les standards les plus importants sont présentés. Le cours est illustré par des cas réels, comme l'authentification bancaire, le démarrage de voitures, le contrôle d'accès. Il n'a pas pour objectif d'apprendre à concevoir de nouvelles briques cryptographiques élémentaires, mais d'apprendre à les assembler.

Programmation parallèle et distribuée

L'objectif de ce cours est de donner une compétence large aux étudiants dans le domaine de la programmation parallèle. Sont abordées : la programmation multi-cœur, la programmation des processeurs graphiques (GPU), les modèles de programmation pour les données à la large échelle (flot de données avec STORM et parallélisme de données avec SPARK), la programmation par appel de méthode à distance. Des notions de synchronisation évoluées sont également abordées en complément du cours de Systèmes d'exploitation.

Évaluation de performances

Le cours présente les principaux concepts et méthodes de modélisation et de mesure de performance, tels que la théorie de files d'attente, l'analyse opérationnelle, la simulation, la conception de tests de performance et l'interprétation de résultats. L'accent est mis sur les techniques qui aident à résoudre la majorité des problèmes liés aux performances, notamment la comparaison des options de conception, l'optimisation des réglages, l'évitement des goulets d'étranglement, la prévision des performances de différentes configurations et le dimensionnement d'un système.

Modules d'ouverture du semestre S7 (communs au semestre S9)

Spécification formelle

À terme, le génie logiciel pourra difficilement s'envisager sans méthode formelle. Les logiciels ayant de plus en plus de responsabilités (en vies humaines, économiques planétaires, etc.), leur qualité ne pourra plus supporter l'à peu près. Les méthodes formelles demandent des bases théoriques qui sont difficiles à acquérir en entreprise. Le cours présente la méthode formelle B, développée par J. R. Abrial. La méthode B a l'avantage d'être à la fois très pointue et déjà utilisée avec succès dans l'industrie pour produire des logiciels sécuritaires, par exemple à la RATP.

Internet of Things

Le cours propose une introduction à l'Internet des objets (*Internet of Things* - IoT) sous formes de conférences réalisées par des intervenants extérieurs sur des domaines techniques : réseaux, sécurité ; sur des domaines applicatifs : domotique ; mais également sur des aspects sociétaux : responsabilité et vie privée. Des projets sont réalisés en petits groupes sur les technologies du moment (en 2017: Amazon Dot Echo et Alexa ; réalisations d'objets à base de microcontrôleurs ; étude et amélioration de la plateforme éducative Thingz).

Optimisation numérique

Le but de ce cours est de donner une présentation générale des problèmes et des méthodes relevant de l'optimisation numérique. L'essentiel du cours est consacré à l'optimisation en variables continues. En liaison avec ce qui précède, des compléments sur l'optimisation linéaire en variables entières sont donnés.

Gestion de projet

Effectués par un industriel, un cours et des travaux pratiques permettent aux étudiants de s'initier aux techniques de la gestion de projet en l'appliquant à leur projet réalisé par groupe de 5 à 7 étudiants. Le module se termine par une soutenance décrivant la planification initiale dudit projet. Celle-ci permet d'établir la feuille de route qui va décrire l'organisation, la répartition des tâches, les indicateurs de délais, les contraintes.

Projet logiciel phase 1 : préétude et spécifications

Le but du projet de 4^e année est d'initier les étudiants à un travail de groupe (5 à 7 étudiants/projet) sur une réalisation de taille « importante » (1500h/projet). Le projet met notamment en application un certain nombre de méthodes du génie logiciel et de la gestion de projet. Les objectifs pédagogiques essentiels sont les suivants : initiation au travail de groupe ; utilisation de méthodes et outils de génie logiciel ; gestion du temps, planification, communication ; découpage du travail en phases d'analyse, de spécification, de réalisation et de validation ; lecture de documents techniques ; écriture de rapports techniques ; acquisition des techniques d'exposé. Le premier semestre est consacré à l'étude du domaine d'application et à la définition des spécifications fonctionnelles du logiciel à réaliser.

Conférences industrielles S7

L'année est ponctuée de conférences effectuées par des intervenants extérieurs issus du monde industriel. L'objectif est de mettre en contact les étudiants et les industriels à l'occasion de ces conférences qui abordent différents aspects du métier d'ingénieur en informatique : nouvelle technologie, management, vie de l'entreprise, carrière, etc.

Anglais

Cet enseignement a pour but de maîtriser de l'anglais et de préparer les étudiants au TOEIC.

Entreprendre et innover

L'enseignement vise à acquérir une culture générale dans le domaine de l'économie et de la gestion, à être capable de comprendre les enjeux stratégiques des entreprises industrielles, à savoir analyser l'information financière diffusée par les entreprises, à calculer et analyser des coûts, à comprendre l'interdépendance de toutes les fonctions de l'entreprise, à conduire un projet et à travailler en équipe.

Éducation physique et sportive

Les objectifs pédagogiques de cet enseignement sont le travail en équipe, le management, la communication, la création, la responsabilisation, la connaissance de soi et l'autonomie.

B. Les modules du 2^d semestre de la 4^e année (S8)

UE (code UE)	EC	Cours	TD	TP	Projet	Crédits ECTS	
						par EC	par UE
Génie logiciel (INF08-1)	Grammaires et langages	16	16			2,5	6,5
	Compilation	16	14			2	
	Programmation par contraintes	10		16		2	
Données et programmation (INF08-2)	Projet logiciel phase 2 : conception et réalisation				60	3	5,5
	Conférences					0,5	
	Intelligence artificielle	12		14		2	
	Programmation mobile	10		16		2	
	Robotique	8		18		2	
Options (INF08-3)	Reconnaissance et interprétation des images et des vidéos	14		12		2	4
	Traitement automatique des langues et interactions langagières	14		12		2	
	Programmation sécurisée	13		13		2	
	Cloud	12		14		2	
Stages (INF-STAGE08)	Stage 4 INFO				240	8	8
Humanités	Anglais		24			2	6
	Thèmes économiques, juridiques et sociaux		10			1	
	Ingénieur et société		28			2	
	Éducation physique et sportive		10			1	

Grammaire et langages

Ce cours vise à étudier les langages réguliers et hors-contexte en montrant les opérations permises sur ces objets et en proposant différentes approches pour les décrire : grammaires, automates, expressions régulières, système d'équations. La connaissance et la manipulation de ces différents modèles de description, équivalents, permettent de choisir celui qui s'avère le plus adapté à la mise au point d'une méthode de description ou de traduction.

Compilation

Le cours de 4^e année s'attache à sensibiliser les étudiants à la problématique de la compilation, et, en particulier, à détecter quand un problème donné peut être envisagé sous l'angle de la compilation. La détection et le traitement des ambiguïtés et des erreurs ont une grande place. L'enseignement s'appuie sur l'expérience pratique acquise. L'objectif est ici de bien clarifier les concepts et de présenter les techniques de base en perspective. Les travaux pratiques permettent de mettre ces techniques en œuvre. La programmation des TP est effectuée en ML, langage déclaratif bien adapté à la réalisation de compilateurs. Les outils de génération automatique d'analyseurs, Lex et Yacc, sont présentés et utilisés en fin de semestre.

Programmation par contraintes

Un grand nombre de problèmes difficiles de la vie de tous les jours sont des problèmes dits « à contraintes », par exemple la confection d'emploi du temps ou l'affectation de ressources. Ces problèmes ont une combinatoire explosive. Afin d'automatiser leur résolution, il convient d'utiliser des outils adaptés. En effet, une programmation avec des langages traditionnels oblige le programmeur à gérer une complexité très importante. La programmation est ardue, les temps de réponse et les ressources calculatoires utilisées deviennent rapidement insupportables. La programmation par contraintes utilise des solveurs de contraintes. Ces derniers prennent en charge une large part de la complexité des problèmes.

Projet logiciel phase 2 : conception et réalisation

Le but du projet de 4^e année est d'initier les étudiants à un travail de groupe (5 à 7 étudiants/projet) sur une réalisation de taille « importante » (1500h/projet). Le projet met notamment en application un certain nombre de méthodes du génie logiciel et de la gestion de projet. Les objectifs pédagogiques essentiels sont les suivants : initiation au travail de groupe ; utilisation de méthodes et outils de génie logiciel ; gestion du temps, planification, communication ; découpage du travail en phases d'analyse, de spécification, de réalisation et de validation ; lecture de documents techniques ; écriture de rapports techniques ; acquisition des techniques d'exposé. Le second semestre est consacré à la conception, la réalisation, la validation et la livraison du projet.

Conférences industrielles S8

L'année est ponctuée de conférences réalisées par des intervenants extérieurs issus du monde industriel. L'objectif est de mettre en contact les étudiants et les industriels à l'occasion de ces conférences qui abordent différents aspects du métier d'ingénieur en informatique : nouvelle technologie, management, vie de l'entreprise, carrière, etc.

Reconnaissance et interprétation des images et des vidéos

Le traitement d'images et la reconnaissance de formes par ordinateur est un domaine largement développé et aux multiples applications. Ce module s'articule autour d'un fil conducteur qui est la reconnaissance de formes ou de symboles dans les images. Il aborde ainsi progressivement une partie importante des connaissances conduisant à cet objectif. Se fondant sur des notions de base proposées au semestre précédent (représentation d'image et vision précoce), il poursuit la réalisation d'une chaîne complète de reconnaissance, en commençant par l'extraction de caractéristiques visuelles des images, puis en abordant les systèmes de classification permettant de reconnaître les éléments visuels.

Traitement automatique des langues et interactions langagières

Le langage, sous sa forme écrite ou orale, est la modalité la plus commune d'interaction et de transmission d'informations. L'objectif de l'enseignement est de doter les étudiants des connaissances nécessaires pour comprendre comment une interface langagière entre un humain et une machine peut être mise en place, à l'écrit ou à l'oral, et de leur permettre d'acquérir des compétences complémentaires en traitement automatique des langues pour accéder à l'information contenue dans de grandes masses de documents. Il aborde les techniques avancées de représentation du langage, notamment par apprentissage profond. Il présente ensuite les éléments fondamentaux de la compréhension du langage dans un cadre d'interaction dialogique, ainsi que les fondements de la synthèse de la parole et de la génération de texte écrit. Il s'intéresse enfin à certaines applications phares du traitement automatique des langues permettant de gérer les volumes conséquents de données, d'y naviguer et d'en extraire des informations précises.

Programmation sécurisée

L'objectif du cours de programmation sécurisée est d'apprendre à programmer sans faille une solution sécurisée. Le contenu porte notamment sur le débogage de programme, les débordements de tampon, les injections, les erreurs logiques, les attaques par mesure du temps et les bonnes pratiques de programmation. Les étudiants réalisent un projet durant lequel ils doivent identifier et corriger des vulnérabilités dans un programme fourni.

Cloud

Ce module détaille l'historique des *clouds* depuis les grilles et leurs aspects économiques, les modèles d'architecture de services (IaaS-PaaS-SaaS), la gestion de ressources au niveau IaaS, l'utilisation d'un *cloud*. Les travaux pratiques s'effectuent sur AWS (Amazon) et probablement Openstack.

Modules d'ouverture du semestre S8 (communs au semestre S6)

Les modules d'ouverture du S8 sont communs au S6 : **Intelligence artificielle, Programmation mobile, Robotique** (voir semestre 6 pour une description détaillée).

Stage 4INFO

Le stage d'été doit permettre à l'élève d'acquérir une expérience pratique dans un environnement professionnel en développant son aptitude à la communication, au travail en équipe et en accroissant ses capacités d'observation et d'intégration.

Anglais

Cet enseignement a pour but de maîtriser de l'anglais et de préparer les étudiants au TOEIC.

Thèmes économiques, juridiques et sociaux

Le module se donne comme objectif principal de sensibiliser les étudiants à des enjeux économiques d'actualité. Une attention particulière sera portée au système financier et au rôle des actionnaires dans l'économie contemporaine. Principaux *learning outcomes* sont de : connaître les principales sources de financement des entreprises et des administrations ; comprendre le rôle de la monnaie et du système bancaire ; comprendre le rôle et le fonctionnement des marchés financiers ; comprendre les enjeux de la gouvernance d'entreprise et le rôle des actionnaires ; comprendre l'impact du financement dans les décisions d'investissement.

Ingénieur et société

Ce cours est composé de deux parties : la première sur la communication et savoir être en entreprise et la deuxième sur l'éthique pour l'ingénieur. La première partie consiste à préparer les étudiant à leur intégration en entreprise à partir des axes suivant : les sensibiliser à l'intérêt d'une communication claire et respectueuse, permettre une meilleure connaissance de soi et des autres pour améliorer des relations collaboratives et réfléchir sur le monde de l'entreprise et la posture à tenir pour l'étudiant. Dans la deuxième partie, on s'intéresse à l'approche pratique de l'éthique dans la vie de l'ingénieur : responsabilités individuelle et collective, cadres professionnels et d'entreprises (chartes, RSE, etc.), organisation et management face aux questions éthique, comportements possibles dans les situations critiques (mises en situation / jeux de rôle). Liens avec les approches philosophiques au cours de l'histoire, notamment Aristote, B. Spinoza, P. Ricoeur, sont discutés.

Éducation physique et sportive

Les objectifs pédagogiques de cet enseignement sont le travail en équipe, le management, la communication, la création, la responsabilisation, la connaissance de soi, le managérat et l'acquisition d'autonomie.

6. Le programme des études en 5^e année

A. Les modules enseignés au 1^{er} semestre de la 5^e année (S9)

UE	EC	Cours	TD	TP	Projet	Crédits ECTS		
						par EC	par UE	
Spécialisation (INF09-1)	Test logiciel	10		16	12	3,5	10	
	Bases de données avancées et web sémantique	14		14		2		
	Ingénierie dirigée par les modèles	8		12	12	3		
	Compétition algorithmique	10		10		1,5		
Projets et mise en pratique (INF09-2)	Du savoir-faire au faire savoir		25,5			2	8,5	
	HybLab (labo numérique des médias)			24		2		
	Stage <i>dating</i> et conférences industrielles		6			0,5		
	Conception centrée utilisateur	21,33		12	10	4		
Modules d'ouverture et options (INF09-3)	Modules d'ouverture	Spécification formelle	14	12			2	6
		<i>Internet of Things</i>	14		12		2	
		Optimisation numérique	12	10	4		2	
	Options	Réalité virtuelle	10		16		2	
		Analyse du mouvement et reconnaissance de gestes (2D/3D)	12		14		2	
		Vérification de protocoles	20			6	2	
		Attaques par canaux auxiliaires	14		12		2	
		Algorithmique <i>Big data</i>	14	8	4		2	
		Stockage et traitement de <i>Big Data</i>	14		12		2	
		Algorithmique distribuée	14	4	8		2	
Humanités (INF-HUM09)	Anglais S9		20			1,5	5,5	
	Parcours de management		34			2		
	Formation juridique de l'Ingénieur	20				2		
Projet de fin d'études	Projet de fin d'études					30	30	
TOTAL							60	

Test logiciel

Le test logiciel est introduit et utilisé en 3 et 4INFO. Ce module de test logiciel avancé aborde des aspects plus pointus concernant le métier de testeur : test de montée en charge, analyse de code, transformation de code, etc. Ce module consiste principalement en un projet de développement d'une librairie de tests dont les sujets, multiples, changent tous les ans.

Bases de données avancées et web sémantique

Ce cours a trois objectifs. D'une part, il présente des aspects techniques approfondis et fondamentaux des systèmes de gestion de bases de données traditionnels. D'autre part, il montre les concepts des bases de données NoSQL. Enfin, il donne une introduction aux concepts du web sémantique, notamment la façon dont les données liées sur le web sont représentées (RDF) et comment elles sont interrogées (SPARQL).

Ingénierie dirigée par les modèles

L'ingénierie dirigée par les modèles (IDM) permet notamment la création de langages de modélisation *ad hoc* (*Domain Specific Languages, DSL*), dédiés à la résolution de problèmes très spécifiques. L'IDM est actuellement utilisée par de nombreux grands groupes industriels français tels que Thales, EDF, Airbus et Esterel Technologies. Ce module détaille les fondements théoriques et techniques pour utiliser correctement les technologies et les concepts de l'IDM. Cela inclut notamment la définition et l'outillage de DSL au travers de technologies industrielles. Ce module consiste principalement en un projet de développement d'un DSL et de son outillage.

Compétition algorithmique

L'objectif du module est d'apprendre à résoudre des problèmes algorithmiques : méthodes générales de résolution de problèmes, de conception d'algorithmes ; étude pratique de la complexité ; méthodes spécifiques de conception (*brute-force, greedy, etc.*), etc.

Du savoir-faire au faire savoir

Cette matière se décline de deux manières selon le choix des étudiants :

- intervention auprès de leurs collègues de promotion : les étudiants proposent des sujets qu'ils souhaiteraient connaître. Par groupe de quatre étudiants, ils étudient une technologie non abordée dans le cursus et préparent une séance de 3h d'enseignement organisée comme ils le souhaitent (par exemple sous la forme de cours et TP) pour leurs collègues. Quelques exemples de sujets : Ajax, Silverlight, Erlang, MDA, SAX, Ruby on rails, Streaming vidéo, Cuda, etc. ;
- collaboration avec une entreprise : le sujet d'étude peut être proposé par une entreprise. Dans ce cas, un groupe d'étudiants travaille en relation avec l'entreprise et prépare également une présentation devant ses collègues de promotion.

HybLab

Le cluster Ouest Médialab rassemble les acteurs de Bretagne et Pays de la Loire concernés par le défi de l'innovation numérique dans le secteur des médias et de la communication. Ce cluster organise également des hackathons (ateliers de formation et création collaborative). Dans ce cadre, des étudiants de diverses provenances (journalistes, graphistes, informaticiens) doivent travailler sur un sujet lié aux médias pour aboutir au bout de quelques

jours à une maquette d'application web. C'est une opportunité pour les étudiants du département INFO de se confronter à d'autres cultures et d'autres milieux socio-professionnels.

Conception centrée utilisateur

La conception centrée utilisateur implique les utilisateurs tout au long du processus de conception. Les utilisateurs participent en tant qu'experts de l'utilisation de la technologie dans son contexte, et en tant qu'innovateurs en contribuant par des idées qui permettent d'explorer de nouvelles voies de conception. Ce cours est divisé en deux parties :

- un cours/conférence d'environ 20h effectué par des informaticiens, par des ergonomes et *designers* venant du milieu professionnel ;
- un exercice de conception participative qui vise à proposer collectivement des améliorations à un site internet. Cela prend la forme d'une suite d'exercices pratiques supervisés où des techniques particulières sont mises en œuvre.

L'objectif premier est de faire toucher du doigt aux étudiants qu'ils gagneront énormément à consulter leurs utilisateurs potentiels. Un second objectif est de bien appréhender l'apport des scénarios concrets d'utilisation pour la compréhension de l'intérêt d'un logiciel.

Réalité virtuelle

Ce cours vise à donner aux étudiants les fondements de la réalité virtuelle. Il aborde principalement l'ensemble des technologies mises en œuvre dans le contexte général des applications interactives, en s'intéressant plus particulièrement aux trois aspects suivants : les principes de la visualisation temps-réel, les principes de la génération de mouvement, les principes de l'interaction.

Analyse du mouvement et reconnaissance de gestes (2D/3D)

Le module aborde de façon conjointe la problématique de la reconnaissance de gestes 2D et 3D. Le module propose ainsi aux étudiants d'acquérir des compétences sur la réalisation de captures de mouvement et l'animation de personnages virtuels. Les thématiques abordées sont l'acquisition de signaux 2D et 3D sur des écrans tactiles et sensitifs, la capture de mouvements 3D, le traitement et la représentation des signaux obtenus, l'extraction de descripteurs et de caractéristiques et enfin l'animation de personnages virtuels.

Vérification de protocoles

Dans ce cours, les étudiants apprennent comment spécifier un protocole de façon symbolique et comment exprimer formellement les différentes propriétés de sécurité. Ils étudient également comment prouver ou réfuter qu'un protocole satisfait une propriété de sécurité donnée en utilisant des outils de vérification automatique.

Attaques par canaux auxiliaires

Le cours a pour objectif de présenter et d'étudier les spécificités des systèmes logiciels et matériels pour développer de manière sécurisée des programmes informatiques destinés à des systèmes embarqués comme des cartes à puce, des composants électroniques (de téléphones, de voitures, etc.) ou des systèmes industriels. Les thématiques phares abordées sont les fondamentaux des cartes à puce de type *Javacard*, les techniques de programmation sécurisée, les attaques physiques sur les microcircuits (attaques par canaux auxiliaires, injection de fautes, etc.) et les attaques logiques (par exemple, faire une copie de la mémoire d'une carte à puce en contournant les mécanismes de sécurité).

Algorithmique *Big data*

À travers ce cours, on étudie comment analyser, valoriser, présenter, organiser les *Big data* afin de résoudre leurs défis spécifiques : réduire la complexité, traiter le déluge de données en temps réel, proposer de nouveaux paradigmes pour le traitement afin de permettre l'extraction de connaissances pertinentes. Ce cours met l'accent sur les principes fondamentaux de la conception d'algorithmes pour le traitement des *Big data*, en particulier des algorithmes pour les flux des données, les réseaux sociaux, les systèmes de recommandations, de classification, l'analyse des tendances et des sentiments.

Stockage et traitement des *Big data*

Ce cours vise à donner les bases théoriques et pratiques permettant de manipuler et de traiter de manière efficace des grands volumes des données. On vise essentiellement à familiariser l'étudiant au stockage et au partage des données à large échelle (collecter, stocker, accéder aux *Big data*) et à introduire les notions associées à ces types de données (métadonnées, NoSQL, *stockage cloud*). Les sujets abordés se concentrent sur le stockage sur disque, le stockage en mémoire, le stockage et le traitement de grands graphes, des *small data* mais aussi sur les nouvelles plateformes *big data* (Spark, Flink) s'appuyant sur ces systèmes de stockage. Les défis vus en cours sont illustrés par plusieurs contextes applicatifs (MapReduce, *workflows*) dans les domaines de la bio-informatique, l'aéronautique, la finance.

Algorithmique distribuée

Cet enseignement présente les concepts fondamentaux de l'algorithmique distribuée et des systèmes P2P. Dans la partie algorithmique distribuée, on aborde la notion de temps, celle d'état global, et de synchronisme à travers les problèmes d'élection et de consensus. Dans celle dédiée aux systèmes P2P, on détaille les notions d'*overlay* structuré et non structuré, la recherche en P2P, et la gestion des utilisateurs.

Modules d'ouverture du semestre S9 (communs au semestre S7)

Les modules d'ouverture du S9 sont communs au S7 : **Spécification formelle, Internet des objets, Optimisation numérique** (voir semestre 7 pour une description détaillée).

Anglais

Cet enseignement se présente sous forme d'exposés scientifiques, de réalisation d'un document du type publication scientifique et d'animation d'un débat. Pour les étudiants n'ayant pas passé le TOEIC en 4INFO (par exemple pour cause de mobilité internationale), une préparation au TOEIC est offerte.

Parcours de management

Cet enseignement offre une formation en économie-droit-gestion sous la forme de parcours interdépartementaux. Les étudiants ont la possibilité de choisir des modules à la carte en fonction de leurs goûts et de leur projet professionnel, par exemple, développement international, management des RH, gestion de projet, Lean, éthique et management, etc.

Formation juridique de l'ingénieur

Ce cours porte sur les aspects juridiques spécifiques à l'informatique, comme la protection des données personnelles ou les problématiques des licences de logiciels.

B. Projet de fin d'études (PFE) – 2^d semestre de la 5^e année (S10)

Le semestre 10 est entièrement consacré au stage de fin d'études. Pour plus d'information, voir la section 8 de ce livret.

7. Les stages dans la formation INFO

Chaque étudiant de l'INSA Rennes doit réaliser au fil de sa formation 28 semaines de stage, dont au moins 14 en milieu industriel.

A. Le stage de fin de troisième année et/ou fin de quatrième année

Les élèves de la formation INFO doivent réaliser un stage d'été d'une durée minimale de 8 semaines, à l'issue de la 3^e et/ou de la 4^e année.

Ces stages ont pour objectif de permettre à l'étudiant d'acquérir une expérience pratique dans un environnement professionnel en développant son aptitude à la communication, au travail en équipe et en accroissant ses capacités d'observation et d'intégration.

À l'issue du stage, chaque étudiant fournit un rapport sur ses travaux qui permet d'évaluer et de valider le stage réalisé. Cette validation donne lieu à des crédits ECTS.

Quelques sujets récents

- Développement d'une application Android
- Prototype de visualiseur 3D
- Perfectionnement d'un simulateur de radar

B. Le projet de fin d'études

Au 2^d semestre de la 5^e année, un stage d'une durée comprise entre 16 et 26 semaines termine la scolarité des élèves ingénieurs. Ce stage dit « projet de fin d'études » (PFE) donne lieu à la réalisation d'un véritable travail d'ingénieur.

Le stage fait l'objet d'un rapport et d'une soutenance. L'évaluation prend en compte l'appréciation de l'entreprise, le travail réalisé, le rapport et la soutenance.

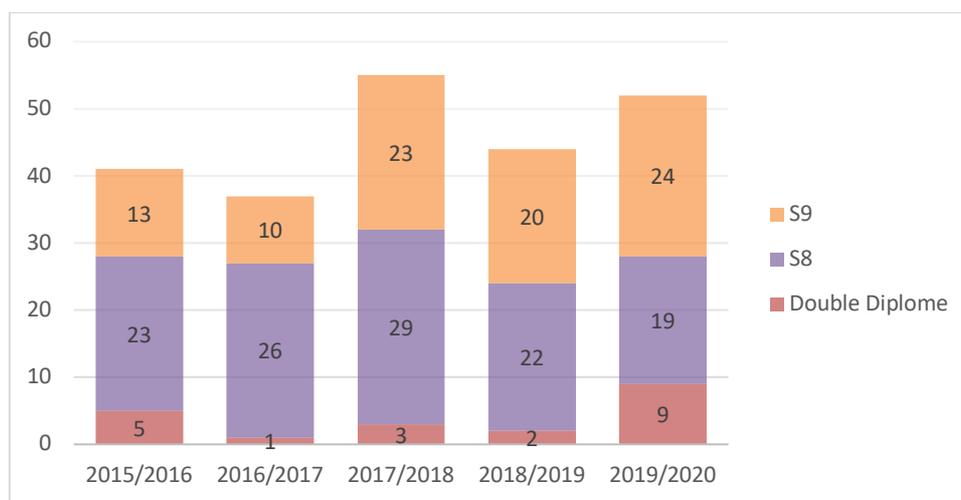
Les PFE peuvent se dérouler en France ou à l'étranger. Les étudiants diplômés les dernières années ont effectué leur PFE en France, Suisse, Belgique, Pays-Bas, Allemagne, Canada, Mexique, Vietnam.

Quelques sujets de PFE récents

- Séquenceur d'analyse de sécurité (Thales)
- Hololens. Application de visite de l'agence en réalité augmentée (Sodifrance)
- *Deep Learning*: Détection et base d'apprentissage (Neotech Vision)

8. La mobilité internationale dans la formation INFO

Une expérience à l'étranger est maintenant **obligatoire** durant le cursus des étudiants. Les étudiants peuvent faire le **semestre d'études S8** ou S9 en échange ou réaliser un stage à l'étranger. Depuis 2015, les étudiants ont aussi la possibilité d'effectuer un **double diplôme** international dans l'une des universités partenaires de l'INSA Rennes.



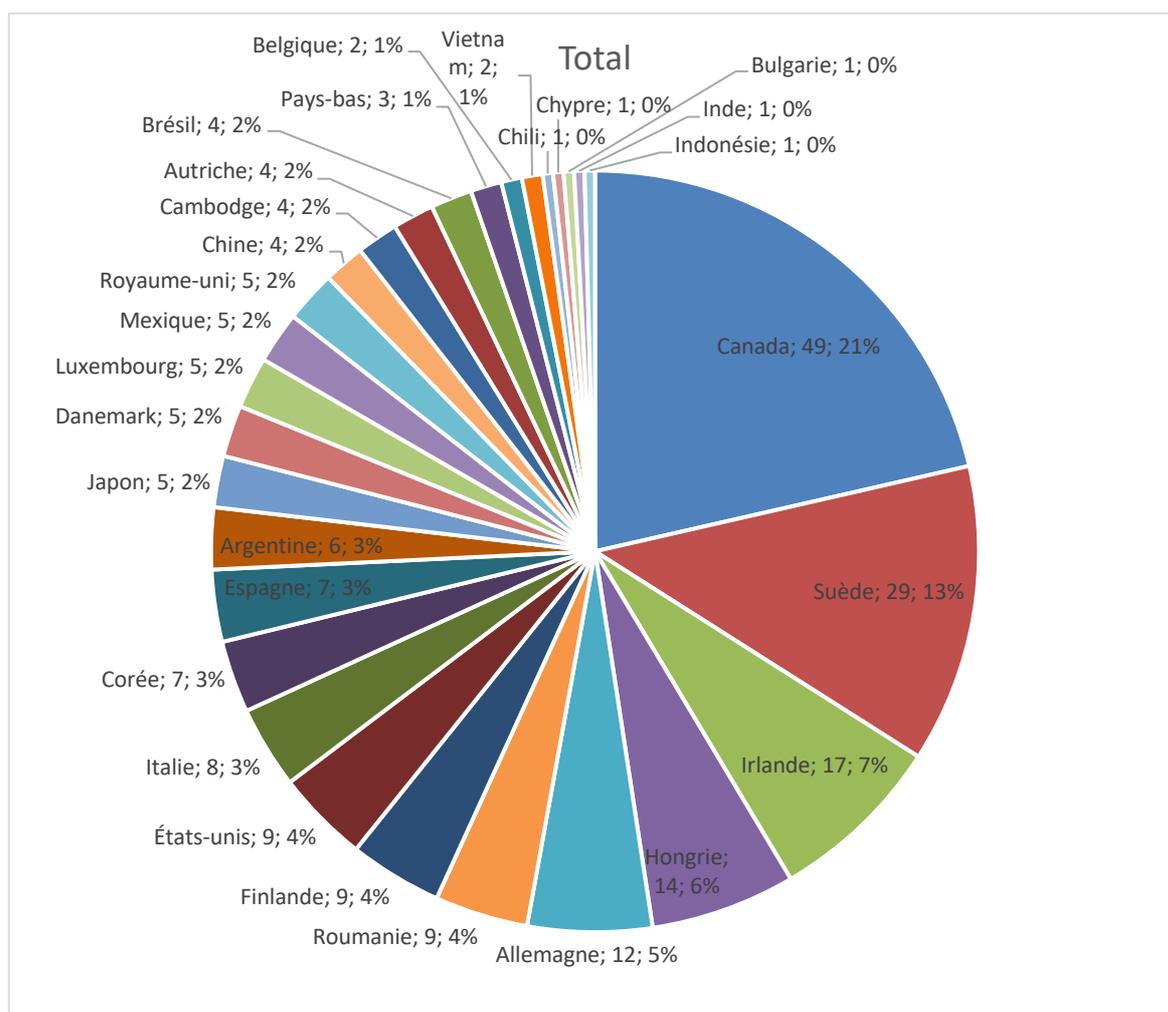
Mobilité internationale 2015-2020

Destinations de double diplôme au département INFO

- Université technique de Dresde, Allemagne
- Université polytechnique de Milan, Italie
- École de Technologie Supérieure (ETS) de Montréal, Canada
- PUC-Rio, UFC, UFU, UNICAMP, UNESP, UFSC, UFPR, Brésil
- Northwestern Polytechnical University, Chine
- Åbo Akademi University, Finlande
- Alliance Roumaine des Universités Techniques, Roumanie

Le département Informatique accueille également des étudiants étrangers, ce qui crée au sein de la promotion une mixité culturelle profitable à l'ensemble des étudiants.

Le département Informatique a signé des accords de coopération avec de nombreux établissements pour faciliter l'échange d'étudiants. Régulièrement, de nouveaux accords sont mis en place offrant ainsi de nouvelles possibilités à nos étudiants.



Répartition géographique des mobilités sur les années 2015-2020

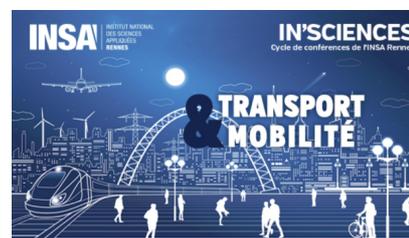
9. Relations industrielles dans la formation INFO

Pour favoriser le contact étudiant-entreprises, des rencontres sont organisées tout au long du cursus. Différents types d'interventions existent, dont la participation d'industriels à des conférences, projets, cours, TD et TP.



Deux évènements **Stage Dating** ont été mis en place en 4^e et 5^e années. Chaque étudiant rencontre 8 entreprises en un après-midi sur des créneaux d'un quart d'heure. Ces deux évènements permettent la prise de contact en vue de stages.

INSA Rennes organise un cycle de conférences autour d'une thématique, appelé **IN'Sciences**. L'objectif est de permettre des échanges entre des professionnels, partenaires industriels, enseignants-chercheurs, usagers et futurs ingénieurs pour une meilleure connaissance des avancées technologiques et des opportunités de carrières.



Depuis quatre ans, le ministère des Armées organise un exercice de cyberdéfense **DEFNET** où des équipes d'étudiants issus d'établissements d'enseignement supérieur sont confrontés pendant toute une journée à une situation de crise liée à une cyberattaque. L'exercice a lieu à l'École des transmissions de Cesson-Sévigné. Tous les ans, une dizaine d'étudiants de l'INSA de Rennes participent à cet évènement avec de très bons résultats.

La participation à des concours tels que le « **Battledev** » organisée par *RegionJobs* et le « **Battle Code** » organisée par *Sopra-Steria*, permet à nos étudiants de prendre confiance en leurs compétences en développement logiciel tout en les mettant en relation avec les entreprises.

La promotion INFO 2021 (actuellement en 4INFO) est parrainée par la société Orange et le parrain de la promotion INFO 2022 (actuellement en 3INFO) est Sopra-Steria. Le but de ces parrainages est de réaliser des évènements entre les étudiants et l'entreprise-marraine dans le cadre des diverses activités en informatique de la société.



Les étudiants de 5^e année peuvent signer un **contrat de professionnalisation** avec une entreprise. Ils sont alors salariés de cette entreprise où ils travaillent un jour par semaine et pendant les périodes de congés scolaires. En 2019-2020, huit étudiants bénéficient de ce dispositif.

10. Relation avec le laboratoire de recherche IRISA

Les enseignants-chercheurs du département INFO font partie du laboratoire de recherche IRISA - *Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires* (<https://www.irisa.fr/>) où ils effectuent leurs activités de recherche. Ce lien privilégié entre l'INSA Rennes et l'IRISA permet à nos étudiants de s'initier à la recherche scientifique par l'intermédiaire de stages, de projets de 4^e année et la possibilité de suivre le *Master Science Informatique* (SIF) en 5^e année.

L'IRISA est un grand laboratoire de recherche qui compte plus de 859 personnes et est composé de 40 équipes de recherche, dont les dix suivantes abritent des enseignants-chercheurs de l'INSA Rennes.

- **DiverSE** – *Software Engineering Research for DevOps*
 - <http://www.diverse-team.fr/>
- **EMSEC** – *Embedded Security and Cryptography*
 - <https://www.irisa.fr/emsec/>
- **Hybrid** – *3D Interaction with Virtual Environments using Body and Mind*
 - <https://team.inria.fr/hybrid/>
- **IntuiDoc** – *Intuitive user interaction for document*
 - <https://www-intuidoc.irisa.fr/en/>
- **KerData** – *Scalable Storage for Clouds and Beyond*
 - <https://team.inria.fr/kerdata/>
- **Lacodam** – *Large scale Collaborative Data Mining*
 - <https://team.inria.fr/lacodam/>
- **LinkMedia** – *Creating and exploiting explicit links between multimedia fragments*
 - <http://www-linkmedia.irisa.fr/>
- **Myriads** – *Design and Implementation of Autonomous Distributed Systems*
 - <https://team.inria.fr/myriads/>
- **Rainbow** – *Sensor-based and interactive robotics*
 - <https://team.inria.fr/rainbow/>
- **SemLIS** – *Semantics, Logics, Information Systems for Data-User Interaction*
 - <http://www-semliis.irisa.fr/>

INSA Rennes

20 Avenue des Buttes de Coësmes

CS 70839

35708 Rennes Cedex 7

Tél. +33 [0] 2 23 23 82 00

Fax +33 [0] 2 23 23 83 96

www.insa-rennes.fr

INSA

UNIVERSITE
BRETAGNE
LOIRE

Cti
Commission
des Titres d'Ingénieur

